

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
28 juillet 2005 (28.07.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2005/069036 A1**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : G01S 13/04

(72) Inventeurs; et

(21) Numéro de la demande internationale :

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : RICHARD,  
Matthieu [FR/FR]; Thales Intellectual Property, 31-33,  
avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex (FR).  
LEHUREAU, Jean-Claude [FR/FR]; Thales Intellectual  
Property, 31-33, avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil  
Cedex (FR). CACHER, Gérard [FR/FR]; Thales Intellectual  
Property, 31-33, avenue Aristide Briand, F-94117  
Arcueil Cedex (FR).

(22) Date de dépôt international :

8 décembre 2004 (08.12.2004)

(74) Mandataires : ESSELIN, Sophie etc.; Thales Intellectual  
Property, 31-33, avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil  
(FR).

(25) Langue de dépôt :

français

(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AT,

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

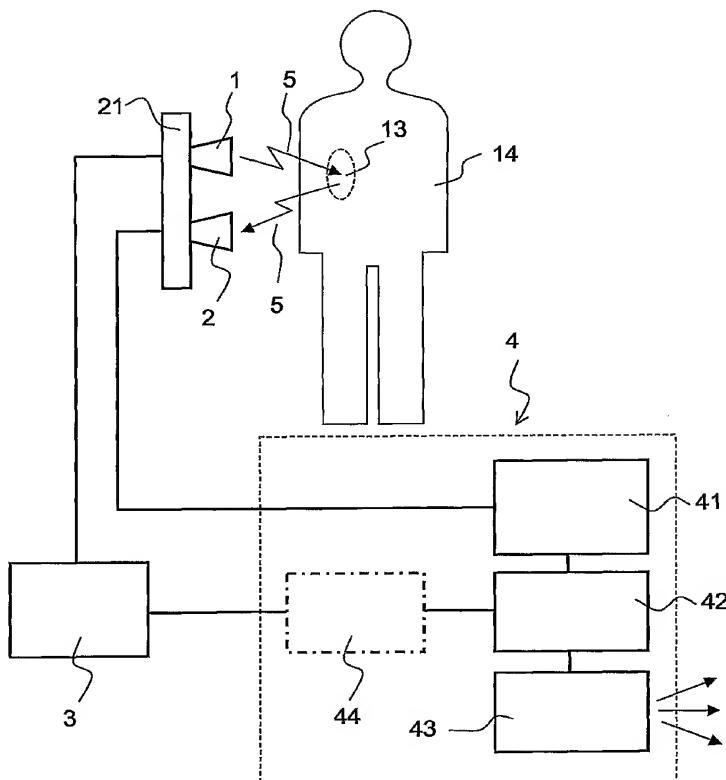
03/15033 19 décembre 2003 (19.12.2003) FR

(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) : THALES [FR/FR]; 45, rue de Villiers, F-92200 Neuilly-Sur-Seine (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: DEVICE FOR DETECTING NON-METALLIC OBJECTS LOCATED ON A HUMAN SUBJECT

(54) Titre : DISPOSITIF DE DETECTION D'OBJETS NON METALLIQUES DISPOSÉS SUR UN SUJET HUMAIN



rayonnement

(57) Abstract: The invention concerns devices for detecting objects concealed on human subjects. These devices are particularly dedicated to the surveillance and security of airport areas and transport aircraft. Currently, existing devices rely either on detection using X-rays or on microwave imaging. In the first case, the system can prove to be dangerous to human beings and in the second case, the device poses ethical problems. The invention provides a device whose operation relies on the polarized microwave reflective properties of suspicious objects to be detected. This device can be portable or installed on security portals. This technique has a simple design, is inexpensive, does not require a high computing power and is very well adapted to objects to be detected. The complete measurement is extremely fast and does not require a sophisticated measuring instrument.

(57) Abrégé : Le domaine de l'invention est celui des dispositifs de détection d'objets dissimulés sur des sujets humains. Ces dispositifs sont plus particulièrement dédiés à la surveillance et à la sécurisation des zones aéroportuaires et des avions de transport. Actuellement, les dispositifs actuels reposent soit sur la détection par

[Suite sur la page suivante]

WO 2005/069036 A1



AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale

(84) **États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) :** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

**DISPOSITIF DE DETECTION D'OBJETS NON METALLIQUES DISPOSES SUR UN SUJET HUMAIN.**

5

Le domaine de l'invention est celui des dispositifs de détection d'objets dissimulés sur des sujets humains. Ces dispositifs sont plus particulièrement dédiés à la surveillance et à la sécurisation des zones aéroportuaires et des avions de transport, mais ils peuvent également être 10 disposés à l'entrée de bâtiments protégés, de zones d'accès réservé ou d'autres moyens de transport (navires, trains, ...) dont on souhaite sécuriser l'accès.

Pour assurer la sécurité des passagers dans les avions, les valises 15 de soute et les bagages à main sont contrôlés par des systèmes d'imagerie à rayons X. Le passager lui-même ne passe que par un portique détecteur de métaux. Or, il est nécessaire de détecter sur le passager les objets non métalliques présentant un réel danger comme des explosifs ou des armes en céramique.

20 Pour combler cette faille de sécurité, certains aéroports comme celui d'Orlando ont mis en place à titre expérimental des scanners à rayons X pour les passagers eux-mêmes. Toutefois l'utilisation de rayons X dans un but non médical est interdite dans un grand nombre de pays et en particulier dans la plupart des états européens . En effet, cette technique comporte un 25 réel danger pour l'être humain en cas d'utilisation régulière.

Afin de pallier les inconvénients de l'utilisation des rayons X, il est possible de réaliser une image du corps humain dans le domaine des ondes électromagnétiques millimétriques. En effet, les objets ou les matières dangereuses que l'on cherche à détecter réfléchissent les ondes de manière 30 très différente de celle du corps humain. On peut ainsi facilement les détecter. Cette imagerie peut se faire soit de façon passive, soit de façon active. La technique passive consiste à réaliser une image directement du corps sans l'éclairer avec une source millimétrique particulière. A l'opposé, la technique active permet de faire une image en illuminant le corps, par 35 exemple avec un faisceau millimétrique connu à une longueur d'onde précise.

Ces techniques ont plusieurs inconvénients. Elles sont coûteuses et leur mise en place systématique dans un aéroport nécessite des investissements considérables. D'autre part, les techniques consistant à faire de l'imagerie du corps humain se heurtent à un problème d'éthique. En effet, les vêtements étant peu denses et déstructurés sont transparents au rayonnement millimétrique et par conséquent, le sujet apparaît nu sur l'image millimétrique. Or, le passager n'accepte pas d'être analysé à nu par un opérateur.

Le dispositif de détection selon l'invention permet de résoudre les inconvénients précédents. Le dispositif proposé ne fait pas d'image du corps humain, le système mesure simplement des caractéristiques physiques sur la surface du corps humain et en déduit la présence ou l'absence d'objets suspects non métalliques. Toutefois, le système est capable de localiser grossièrement la position de l'objet suspect placé sur le corps. Un opérateur doit alors vérifier manuellement la zone indiquée par le dispositif.

Cette technique est simple de conception, peu coûteuse et ne demande pas de puissance de calcul élevée et est très bien adaptée aux objets à détecter. La mesure complète est extrêmement rapide et ne nécessite pas d'appareil de mesure sophistiqué.

Plus précisément, l'invention a pour objet un dispositif de détection d'objets placés sur un sujet humain, ledit dispositif comportant au moins

- une source de génération d'un signal hyperfréquence ;
- un cornet d'émission dudit signal, ledit cornet éclairant une zone du corps dudit sujet humain ;
- un cornet de réception du signal réfléchi par ladite zone ;
- une structure portant au moins le cornet d'émission et le cornet de réception ;
- des moyens d'analyse dudit signal réfléchi ;

caractérisé en ce que

- la source de génération du signal comporte des moyens permettant de générer le signal dans un état de polarisation connu ;

5

- les moyens d'analyse comportent des premiers moyens permettant de déterminer les caractéristiques énergétiques et polarimétriques du signal réfléchi, des seconds moyens permettant de déterminer à partir desdites caractéristiques la présence d'objets placés sur ledit sujet humain et des troisièmes moyens d'avertissement de ladite présence.

10 L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre donnée à titre non limitatif et grâce aux figures annexées parmi lesquelles :

15

20

25

30

- la figure 1 représente la réflexion d'une onde électromagnétique sur un objet sensiblement plan selon que sa polarisation initiale est polarisée linéairement selon deux directions dites S ou P;
- la figure 2 représente la réflexion d'une onde électromagnétique sur un objet sensiblement plan lorsque sa polarisation initiale est polarisée linéairement à 45 degrés des polarisations précédentes ;
- la figure 3 représente les polarisations réfléchies de la figure 3 sur la sphère de Poincaré ;
- la figure 4 représente les polarisations réfléchies dans un mode de représentation simplifiée ;
- les figures 5, 6, 7 et 8 représentent les variations de trois paramètres principaux de l'onde réfléchie en fonction de la fréquence du signal appliqué pour différents objets détectés ;
- la figure 9 représente la disposition des cornets d'émission et de réception du signal pour capter le signal réfléchi ;
- les figures 10 et 11 représentent les tailles des zones de détection dites zones de Fresnel pour deux géométries d'objets ;
- la figure 12 est un graphique donnant pour différentes fréquences et pour différentes géométries d'objets la taille de la zone de détection ;
- La figure 13 représente une vue générale du dispositif selon l'invention ;
- la figure 14 est un schéma de principe d'un portique comportant un dispositif selon l'invention ;

- la figure 15 représente un schéma de principe d'un dispositif portable selon l'invention ;
- les figures 16, 17 et 18 représentent les étapes de mise en œuvre dudit dispositif portable.

5

Le principe de fonctionnement du dispositif selon l'invention repose sur les propriétés optiques de réflexion des objets et des tissus vivants éclairés par une onde millimétrique polarisée.

10

Soit un corps 10 tel que représenté en figure 1, délimité par un plan 11 éclairé sous un angle d'incidence  $\theta$  non nul par une onde 5 polarisée symbolisé par la flèche brisée. On note 12 le plan d'incidence contenant l'onde 5 et perpendiculaire au plan 11. Deux polarisations sont conservées lors de la réflexion sur le plan 11. La première est située dans le plan d'incidence 12, la seconde est perpendiculaire au plan d'incidence 12. Ces 2 polarisations sont respectivement nommées P et S.

Toute autre polarisation est transformée par la réflexion sur ce plan. Par exemple, une onde de polarisation rectiligne  $P_{INC}$  d'angle quelconque sera transformée en polarisation elliptique  $P_{REF}$  dans le cas général comme indiqué sur la figure 2. La polarisation elliptique  $P_{REF}$  est symbolisée par une flèche tournante. La variation de polarisation est représentative des caractéristiques optiques du corps. Par conséquent, l'analyse de la « signature » polarimétrique du corps permet de retrouver sa nature. Ainsi, si l'on émet un signal hyperfréquence de polarisation connue, l'analyse du signal réfléchi permet de déterminer la nature du corps sur lequel s'est réfléchi le signal à la condition que la polarisation du signal ne soit ni dans le plan d'incidence ni perpendiculaire audit plan d'incidence.

Les ondes hyperfréquences émettant dans la gamme des longueurs d'onde millimétriques ou centimétriques sont particulièrement bien adaptées à la détection pour deux raisons :

- les vêtements sont quasiment transparents à ce type d'onde et la réflexion des ondes se fait alors directement sur le corps humain ou l'objet dissimulé ;

- Dans le domaine des hyperfréquences, les propriétés du corps humain composé essentiellement d'eau sont très différentes de la plupart des autres matériaux, facilitant ainsi la détection.

Techniquement, dans la gamme des hyperfréquences, on peut facilement générer une onde polarisée linéairement dans la direction souhaitée. Il suffit pour cela d'orienter le cornet d'émission de l'angle souhaité autour de l'axe de propagation de l'onde hyperfréquence. L'inconvénient d'utiliser une polarisation rectiligne à 45° est qu'il est possible que l'objet à détecter présente une polarisation propre orientée selon l'axe de la polarisation incidente.

L'utilisation d'une onde polarisée circulairement permet de résoudre ce problème. En effet, il est nettement plus difficile de fabriquer et de cacher sous des vêtements un objet qui présente une polarisation propre circulaire. Seuls des milieux optiquement actifs ou des milieux à birefringence circulaire induit par effet Faraday peuvent avoir une polarisation propre circulaire de ce type.

De façon plus générale, on peut utiliser une polarisation elliptique qui présente les mêmes avantages que la polarisation circulaire mais qui est plus simple à générer, surtout si on utilise une grande plage d'ondes hyperfréquences.

Une onde électromagnétique polarisée elliptiquement est définie par 5 paramètres :

- 3 paramètres définissant la polarisation : Orientation du grand axe de l'ellipse - Facteur d'ellipticité - Taux de polarisation ;
- l'intensité de l'onde ;
- et la fréquence de l'onde hyperfréquence

La réflexion conserve majoritairement le taux de polarisation et bien entendu, la fréquence de l'onde est connue. Tois paramètres sont donc représentatifs de la « signature » polarimétrique de l'objet. Ce sont les deux paramètres régissant la polarisation et l'intensité de l'onde.

Très classiquement, les deux paramètres de polarisation peuvent être présentés sur une sphère de Poincaré où :

5

- la latitude  $L$  correspond à l'ellipticité de la polarisation, les pôles représentent alors les deux polarisations circulaires droite et gauche et l'équateur les polarisations linéaires et
- la longitude  $I$  vaut deux fois l'angle d'orientation du grand axe de l'ellipse.

10

15

La figure 3 représente sur ladite sphère de Poincaré  $S_P$  les états de polarisation  $P_{REF}$  d'une onde réfléchie issu d'une onde incidente polarisée à  $45^\circ$  pour des angles d'incidence de  $35$  degrés et de  $55$  degrés lorsque l'épaisseur d'un corps diélectrique varie de  $0$  à l'infini, la permittivité de ce corps étant égal à  $3$ . En faisant varier la longueur d'onde  $\lambda$ , l'état de polarisation suit une trace quasi circulaire centrée sur l'état de polarisation incident comme on peut le voir sur la figure 3. La trace en traits pleins représente les variations de  $P_{REF}$  pour l'incidence de  $55$  degrés et la trace en traits pointillés pour l'incidence de  $35$  degrés. On démontre que la polarisation la plus éloignée de l'équateur est atteinte pour une épaisseur multiple de  $\lambda/12$ . Au contraire, la réflexion sur la peau reste quasiment linéaire même sous incidence forte. On peut donc facilement détecter des épaisseurs faibles de diélectrique avec des ondes centimétriques.

20

Il est également possible de représenter les paramètres définissant la polarisation elliptique  $P_{REF}$  par deux angles  $\delta$  et  $\Psi$  comme on peut le voir sur la figure 4 dans le cas où la polarisation initiale  $P_{INC}$  est une polarisation linéaire inclinée par rapport au plan d'incidence  $12$ . On appelle alors  $\delta$  l'angle que fait le grand axe de l'ellipse avec la direction de la polarisation initiale et  $\Psi$  l'angle vérifiant la relation suivante :

25

$Tg(\Psi) = A/B$  avec  $A$  dimension du petit axe de l'ellipse et  $B$  dimension du grand axe de l'ellipse.

30

Un objet a une signature ellipsométrique périodique en fonction de la fréquence du signal. Ces périodes sont plus grandes si l'objet est de faible épaisseur optique, l'épaisseur optique étant le produit de l'épaisseur géométrique par l'indice optique du matériau qui est égal à la racine carré de la permittivité du matériau. Il est donc fondamental d'analyser le signal en fonction de la fréquence et sur une large bande de fréquences pour obtenir une signature représentative de l'objet.

35

Les figures 5, 6, 7 et 8 représentent la « signature » d'un corps à travers les variations de l'amplitude du signal réfléchi et des angles  $\delta$  et  $\Psi$ ,

caractéristiques de la polarisation elliptique en fonction de la fréquence F du signal pour une gamme de fréquences variant de quelques gigaHertz à 70 gigahertz dans 4 cas différents. Dans les 4 cas, l'onde incidente est polarisée linéairement à 45 degrés du plan d'incidence.

5 Dans le premier cas de la figure 5, la signature est celle d'un corps humain. La permittivité du corps humain essentiellement constituée d'eau vaut environ 40. Comme on le voit, la signature est quasiment indépendante de la fréquence.

10 Dans le second cas de la figure 6, la signature est celle d'un matériau de faible permittivité. Elle vaut environ 2. L'épaisseur du matériau est égale à 3 millimètres, ce qui correspond à l'épaisseur des objets à détecter. Comme on le voit sur la figure 6, les variations de l'amplitude et de l'ellipticité sont importantes.

15 Dans le troisième cas de la figure 7, la signature est celle d'un matériau également de faible permittivité. Elle vaut environ 3. L'épaisseur du matériau est plus importante et égale à 5 millimètres. Comme on le voit sur la figure, les variations de l'amplitude et de l'ellipticité sont nettement plus importantes que dans le cas précédent.

20 Dans le quatrième cas de la figure 8, la signature est celle d'un matériau de permittivité plus élevée. Elle vaut environ 7. Elle correspond par exemple à celle du verre. L'épaisseur du matériau est égale à 5 millimètres. Comme on le voit sur la figure, les variations de l'amplitude et de l'ellipticité sont encore plus importantes que dans le cas précédent.

25 Il est donc possible par une analyse des « signatures polarimétriques » de retrouver la nature du corps et son épaisseur. Cette analyse peut être réalisée simplement en appliquant différents seuils sur les signaux reçus. On peut également réaliser une analyse de Fourier des composantes du signal en fonction de la fréquence du signal. Enfin, il est également possible de corrélérer les signaux lorsque ceux-ci sont bruités de 30 façon à améliorer la détection. En effet, les signaux représentant 3 aspects différents d'une même signature sont nécessairement corrélés entre eux.

35 Lorsque la signature provient non pas d'un objet unique mais d'un objet et du corps humain placé dessous, par exemple dans le cas d'objets de petites dimension ou d'objets longiformes, alors l'objet introduit une biréfringence de forme qui perturbe la signature initiale du corps humain.

Dans ce cas, la comparaison de la signature perturbée et de la signature initiale permet de détecter la présence de l'objet.

L'onde hyperfréquence est émise par un émetteur ponctuel et

- 5 l'onde réfléchie est captée par un récepteur non directif comme indiqué sur la figure 9. Cependant, les corps éclairés étant parfaitement réfléchissants aux ondes millimétriques, seule la partie du corps éclairée vérifiant les lois géométriques de la réflexion et de la diffraction entre l'émetteur et le récepteur réfléchit un rayonnement susceptible d'être capté par le récepteur.
- 10 En particulier, l'angle moyen du rayon réfléchi est égal à l'angle moyen du rayon incident. Classiquement, on appelle cette partie première zone de Fresnel. Elle correspond à une zone à l'intérieur de laquelle les ondes diffractées ne sont pas déphasées de plus d'une longueur d'onde  $\lambda$ .

En figure 10, la zone de Fresnel 13 est déterminée dans le cas d'un objet plan éclairé par un émetteur 1 situé à une distance D de l'objet, ledit émetteur 1 émettant un rayonnement 5 à la longueur d'onde  $\lambda$ . Dans une direction inclinée d'un angle  $\theta$  par rapport à la normale à l'objet, la zone de Fresnel 13 est une zone circulaire dont le rayon  $R_{FRESNEL}$  vérifie l'équation suivante :

$$20 \quad R_{FRESNEL} = \frac{\sqrt{\lambda(2D + \lambda)}}{\cos\theta}$$

En figure 11, la zone de Fresnel est déterminée dans le cas d'un objet ayant un rayon de courbure local R, ledit objet éclairé par un émetteur 1 situé à une distance D de l'objet, ledit émetteur 1 émettant un rayonnement 5 à la longueur d'onde  $\lambda$ . Dans une direction inclinée d'un angle  $\theta$  par rapport à la normale à l'objet, la zone de Fresnel est une zone circulaire dont le rayon  $R_{FRESNEL}$  vérifie l'équation suivante :

$$R_{FRESNEL} = \frac{\sqrt{A(2R - A)}}{\cos\theta} \text{ avec } A = \frac{\lambda(2D + \lambda)}{2(D + R)}$$

La figure 12 regroupe un réseau de courbes donnant en fonction de la distance D émetteur-surface de l'objet la variation du rayon de Fresnel pour deux fréquences de signal et 3 rayons de courbure locaux R. Les courbes en traits pleins correspondent à une fréquence de 30 gigaHertz et les courbes en traits pointillés correspondent à une fréquence de 70

gigaHertz. Pour chaque fréquence, la courbe basse correspond à un rayon de courbure R de 15 centimètres, la courbe centrale à un rayon de courbure R de 20 centimètres et la courbe haute à un rayon de courbure R de 50 centimètres. Ces rayons de courbure sont représentatifs de ceux que l'on peut trouver sur un torse humain. De la même façon, la distance émetteur-surface du corps est limitée à 60 centimètres, ce qui correspond aux distances courantes utilisées dans des systèmes de détection du même type.

Les rayons de Fresnel ont des tailles comprises entre 1 centimètre et 7 centimètres et correspondent parfaitement aux tailles des objets à détecter.

Le dispositif selon l'invention est représenté en figure 13. Il comprend essentiellement :

- une source 3 de génération d'un signal hyperfréquence 5, ladite source de génération du signal comportant des moyens permettant de générer le signal dans un état de polarisation connu ;
- un cornet d'émission 1 dudit signal, ledit cornet éclairant une zone 13 du corps d'un sujet humain 14 susceptible de cacher un objet ;
- un cornet de réception 2 du signal réfléchi par ladite zone ;
- une structure 21 portant au moins le cornet d'émission 1 et le cornet de réception 2 ;
- des moyens d'analyse 4 dudit signal réfléchi 5 comportant des premiers moyens 41 permettant de déterminer les caractéristiques énergétiques et polarimétriques du signal réfléchi, des seconds moyens 42 permettant de déterminer à partir desdites caractéristiques la présence d'objets placés sur ledit sujet humain et des troisièmes moyens 43 d'avertissement de ladite présence symbolisé par des flèches sur la figure 13.

La source de génération 3 du signal hyperfréquence comporte des moyens permettant de générer le signal à une fréquence variable, ladite fréquence étant comprise entre quelques gigaHertz et 70 gigaHertz.

La source 1 ou le cornet d'émission 2 comporte des moyens permettant d'émettre ledit signal polarisé linéairement, la direction de polarisation du signal pouvant être orienté à environ 45 degrés du plan d'incidence moyen du signal sur la zone éclairée du corps ou d'émettre un  
5 signal polarisé circulairement ou elliptiquement.

Cette polarisation d'émission peut être maintenue constante ou variée dans le temps de façon connue.

Les premiers moyens 41 de mesure des caractéristiques polarimétriques du signal réfléchi sont de différents types. Lorsque la  
10 polarisation émise est maintenue constante, les moyens 41 sont de type ellipsométrique, c'est-à-dire qu'ils permettent de mesurer l'orientation principale et l'ellipticité de la polarisation reçue. Il existe alors différentes techniques possibles pour réaliser cette mesure. Dans un premier mode de réalisation, le système d'analyse est dit à analyseur tournant. Il est constitué  
15 d'un polariseur tournant placé devant un détecteur d'intensité et des moyens de mise en rotation dudit polariseur. Par exemple, un cornet hyperfréquence connecté à un guide hyperfréquence constitue un bon polariseur, ce guide est ensuite connecté à un joint tournant assurant la liaison pivotante entre le guide et le connecteur coaxial relié au détecteur d'intensité. Le guide et le  
20 cornet sont entraînés en rotation par un moteur à courant continu et la position angulaire absolue du cornet est mesurée par un codeur incrémental. Le moteur peut également être un moteur pas à pas dans le cas où le temps de mesure est grand devant la période de rotation souhaitée, ainsi l'orientation du cornet est fixe pendant la mesure. A partir de l'intensité  
25 mesurée en fonction de la position angulaire du cornet récepteur, on remonte aux 3 paramètres recherchés qui sont l'intensité reçue et les deux paramètres d'ellipticité de la polarisation du signal reçu.

La solution de l'analyseur tournant a l'avantage d'être simple à mettre en œuvre pour un bas coût mais cette méthode a l'inconvénient de faire intervenir des pièces mobiles. Dans un second mode de réalisation, on effectue la mesure de l'amplitude complexe de deux polarisations orthogonales qui composent la polarisation à analyser. Pour cela, on utilise un cornet dit orthomode qui donne sur 2 voies distinctes les 2 polarisations incidentes verticale et horizontale. Ayant ces 2 signaux, on mesure d'une  
35 part chaque amplitude, puis le déphasage relatif entre ces 2 amplitudes. La

mesure peut alors se faire à une fréquence de répétition de l'ordre du kilohertz.

Lorsque la polarisation émise varie dans le temps, par exemple lorsque la source ou le cornet d'émission comporte des moyens permettant 5 d'émettre différentes combinaisons de polarisations parallèle et perpendiculaire variant dans le temps, alors le cornet récepteur est préférentiellement un cornet permettant de recevoir une polarisation orientée à 45 degrés du plan de réflexion. L'analyse des variations de la polarisation permet de retrouver comme dans le cas précédent les caractéristiques 10 ellipsométriques de la zone éclairée du corps par l'onde d'émission polarisée.

Les moyens d'analyse peuvent également comporter une détection synchrone 44 symbolisée par le rectangle en pointillés de la figure 15 13. La détection synchrone permet de filtrer le signal reçu dans une bande étroite. Elle n'est pas nécessaire si le signal émis est suffisamment fort. Le système selon l'invention ne nécessite pas une détection précise en phase.

Les moyens d'analyse permettent de déterminer à partir des caractéristiques ellipsométriques dépendant de la fréquence la présence 20 d'objets placés sur ledit sujet humain et des moyens d'avertissement permettent d'avertir un opérateur soit par une alarme sonore soit par un signal optique de ladite présence.

Comme on l'a vu, la surface de détection dite de Fresnel est de l'ordre de quelques centimètres. Elle est suffisante pour permettre la 25 détection, mais bien entendu insuffisante pour détecter un objet suspect sur l'ensemble d'un corps humain avec uniquement un détecteur et un récepteur hyperfréquence fixes. Il faut, par conséquent disposer d'une pluralité de cornets d'émission et de réception, les moyens d'analyse pouvant être communs à ces différents cornets. Avantageusement, pour limiter le nombre 30 de cornets d'émission et de réception, le dispositif comporte des moyens permettant d'émettre et de recevoir sur un même cornet dit d'émission/réception . Cette disposition permet de réduire d'un facteur deux le nombre de sources d'émission et de réception nécessaires.

Pour assurer la détection sur la totalité du corps humain, plusieurs 35 solutions sont possibles.

La première solution représentée en figure 14 consiste à disposer une pluralité d'émetteurs 1 et de récepteurs 2 sur une structure mécanique 21 en forme de portique de taille suffisante sous lequel passe la personne 14 à contrôler. Les émetteurs 1 émettent successivement le signal 5 hyperfréquence polarisé 5. Le signal vu par chaque récepteur 2 est la somme de diverses réflexions spéculaires provenant de différentes zones de Fresnel 13. Les angles d'incidences sont peu différents l'un de l'autre pour ces différentes zones 13 comme indiqué sur la figure 14. En l'absence de diélectrique sur le corps, ces réflexions sont toutes polarisées linéairement et 10 leur somme a une amplitude fortement dépendante de la fréquence selon qu'elles interfèrent de façon constructive ou destructive mais leur polarisation est peu dépendante de la fréquence. La réflexion sur un diélectrique agit par contre fortement sur la polarisation. C'est sur ce dernier critère que se fera la détection d'objets potentiellement dangereux. Chaque 15 émetteur couvre ainsi une ou plusieurs parties du corps humain passant sous le portique. Une répartition judicieuse des émetteurs permet de couvrir la majeure partie du corps humain et d'assurer ainsi une détection efficace.

La seconde solution représentée en figure 15 consiste à disposer un nombre réduit d'émetteurs et de récepteurs sur une structure mécanique 20 21 en forme de support mobile comportant une poignée 22 reliée à la source d'émission d'ondes hyperfréquences et aux moyens d'analyse par un cordon 23. L'opérateur 15 déplace alors ce support 21 le long du corps de la personne 14 soumise à la détection.

Dans un mode particulier de réalisation donné à titre d'exemple, la 25 structure comporte 4 cornets d'émission/réception notés respectivement 101, 102, 103 et 104 comme indiqué sur la figure 15. Lesdits cornets sont disposés aux sommets d'un parallélogramme. A titre d'exemple, le fonctionnement est le suivant :

A un instant donné, le support mobile 21 est tenu par l'opérateur 30 15 près du corps 14 à contrôler. Les cornets d'émission/réception sont alors activés de façon séquentielle. Dans une première étape représentée en figure 16, l'onde hyperfréquence polarisée 5 est émise par le premier cornet 101 utilisé en mode émission et éclaire une surface importante du corps à inspecter. Trois zones du corps 131, 132 et 133 réfléchissent l'onde vers le 35 second cornet 102, le troisième cornet 103 et le quatrième cornet 104 utilisés

en mode réception comme indiqué sur la figure 16. Dans une seconde étape représentée en figure 17, l'onde hyperfréquence polarisée 5 est émise par le second cornet 102 utilisé en mode émission et éclaire le corps à inspecter. Deux nouvelles zones du corps 134 et 135 différentes des précédentes 5 réfléchissent l'onde 5 vers le troisième cornet 103 et le quatrième cornet 104 utilisés en mode réception comme indiqué sur la figure 17. Enfin, dans une troisième étape représentée en figure 18, l'onde hyperfréquence polarisée 5 est émise par le troisième cornet 103 utilisé en mode émission et éclaire le corps à inspecter. Une nouvelle zone du corps 136 différente des 10 précédentes réfléchit l'onde 5 vers le quatrième cornet 104 utilisé en mode réception comme indiqué sur la figure 18. On couvre ainsi avec les quatre cornets d'émission/réception six zones différentes de mesure en trois étapes. Lesdites trois étapes de mesure se font dans un temps d'environ un centième de seconde. Pendant cette brève période, on peut considérer que 15 l'opérateur et le sujet humain sont immobiles.

Le dispositif peut comporter également des moyens de mesure de la température du corps humain. En effet, une fausse prothèse mammaire ou abdominale cachant des objets dangereux peut ne pas être détectable par le 20 dispositif si cette prothèse est chargée en eau sur sa surface. Ainsi pour pallier ce problème, on peut ajouter une mesure de température permettant de discriminer les peaux chaudes où le sang circule, des prothèses cachant des objets dangereux, par nature plus froides. Il est en effet très difficile de tempérer correctement de façon uniforme et à la même température que le 25 reste du corps une fausse prothèse. La mesure de température ne nécessite pas nécessairement d'appareil supplémentaire et est effectuée en un centième de seconde environ.

Il faut bien entendu que la zone à analyser par le détecteur thermique corresponde aux dimensions des fausses prostères à détecter. 30 En effet, les fausses prostères ont des surfaces généralement voisines de 10 centimètres de diamètre. Dans le cas d'un détecteur mobile à main, les détecteurs sont placés suffisamment près du corps pour que la zone analysée corresponde à ces dimensions et la détection de température ne nécessite pas d'adaptation spéciale. Dans le cas où les détecteurs sont 35 placés sur un portique, ils sont placés à plus grande distance du corps

humain. Dans ce cas, un détecteur de température possédant une lentille de téflon permet de faire la mesure de température sur une surface d'environ 10 centimètres de diamètre à plusieurs dizaines de centimètres de distance.

## REVENDICATIONS

1. Dispositif de détection d'objets placés sur un sujet humain, ledit dispositif comportant au moins

- une source de génération d'un signal hyperfréquence ;
- un cornet d'émission dudit signal, ledit cornet éclairant une zone du corps dudit sujet humain ;
- un cornet de réception du signal réfléchi par ladite zone ;
- une structure portant au moins le cornet d'émission et le cornet de réception ;
- des moyens d'analyse dudit signal réfléchi ; caractérisé en ce que
- la source de génération du signal comporte des moyens permettant de générer le signal dans un état de polarisation connu, ledit signal éclairant ladite zone du corps sous un angle d'incidence non nul ;
- les moyens d'analyse comportent des premiers moyens permettant de déterminer les caractéristiques énergétiques et polarimétriques du signal réfléchi, des seconds moyens permettant de déterminer à partir desdites caractéristiques la présence d'objets placés sur ledit sujet humain et des troisièmes moyens d'avertissement de ladite présence.

2. Dispositif de détection selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif comporte des moyens permettant d'émettre ou de recevoir le signal sur un même cornet dit d'émission/réception.

3. Dispositif de détection selon les revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le dispositif comporte également une détection synchrone reliant la source de génération du signal hyperfréquence et les moyens d'analyse.

4. Dispositif de détection selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la source comporte des moyens permettant de générer

le signal à une fréquence variable, ladite fréquence étant comprise entre quelques gigaHertz et 70 gigaHertz.

5. Dispositif de détection selon l'une des revendications 1 à 4,  
caractérisé en ce que la source ou le cornet d'émission comporte des moyens permettant d'émettre un signal polarisé linéairement, la direction de polarisation dudit signal étant orienté à environ 45 degrés du plan d'incidence moyen du signal sur la zone éclairée du corps.
- 10 6. Dispositif de détection selon l'une des revendications 1 à 4,  
caractérisé en ce que la source ou le cornet d'émission comporte des moyens permettant d'émettre un signal polarisé circulairement ou elliptiquement.
- 15 7. Dispositif de détection selon l'une des revendications 1 à 4,  
caractérisé en ce que la source ou le cornet d'émission comporte des moyens permettant d'émettre un signal polarisé comportant différentes combinaisons de polarisations parallèle et perpendiculaire variant dans le temps.
- 20 8. Dispositif de détection selon l'une des revendications 5 ou 6,  
caractérisé en ce que les premiers moyens de mesure des caractéristiques polarimétriques du signal réfléchi sont de type ellipsométriques, c'est-à-dire qu'ils permettent de mesurer l'orientation principale et l'éllipticité de la polarisation reçue.
- 30 9. Dispositif de détection selon la revendication 8, caractérisé en ce que les premiers moyens de mesure ellipsométriques comportent un polariseur hyperfréquence disposé devant un détecteur d'intensité et des moyens de mise en rotation dudit polariseur.
10. Dispositif de détection selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens de mise en rotation comportent soit un moteur à courant continu, soit un moteur pas à pas.

11. Dispositif de détection selon la revendication 8, caractérisé en ce que le cornet de réception est du type orthomode et que les premiers moyens de mesure comportent deux détecteurs placés en sortie dudit cornet de réception.

5

12. Dispositif de détection selon la revendication 7, caractérisé en ce que les premiers moyens de mesure des caractéristiques polarimétriques du signal réfléchi sont un cornet récepteur permettant de recevoir une polarisation orientée à 45 degrés du plan de réflexion de la zone éclairée du corps.

10

13. Dispositif de détection selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la structure mécanique est un portique de sécurité de taille suffisante pour laisser passer le sujet humain.

15

14. Dispositif de détection selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que la structure mécanique est portable et comporte une partie mécanique sur laquelle sont disposés les cornets d'émission et de réception et une poignée.

20

15. Dispositif de détection selon la revendication 14, caractérisé en ce que les cornets sont du type émission/réception.

25

16. Dispositif de détection selon les revendications 14 ou 15, caractérisé en ce que la structure comporte 4 cornets disposés aux sommets d'un parallélogramme.

30

17. Dispositif de détection selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte également des moyens de mesure de la température du corps humain.

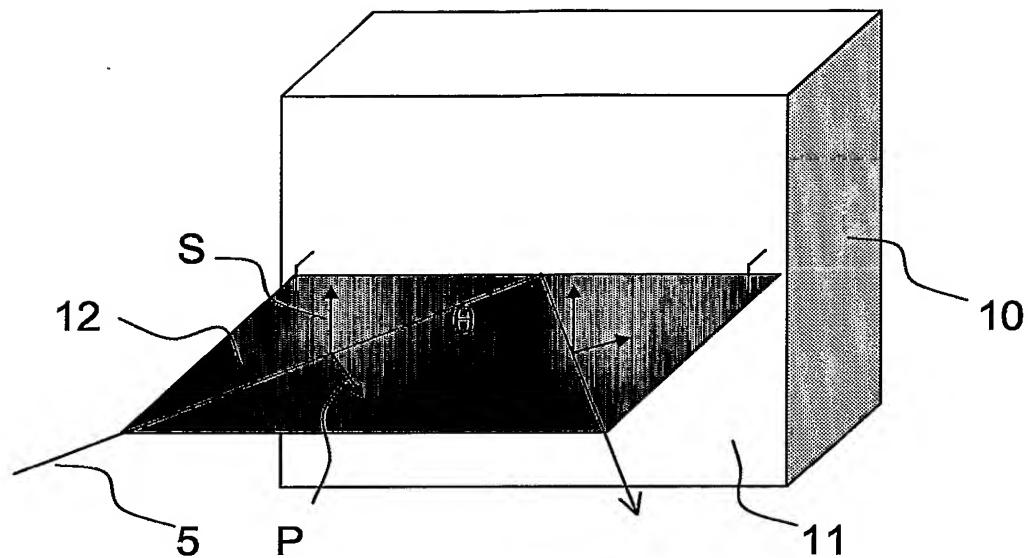


FIG.1

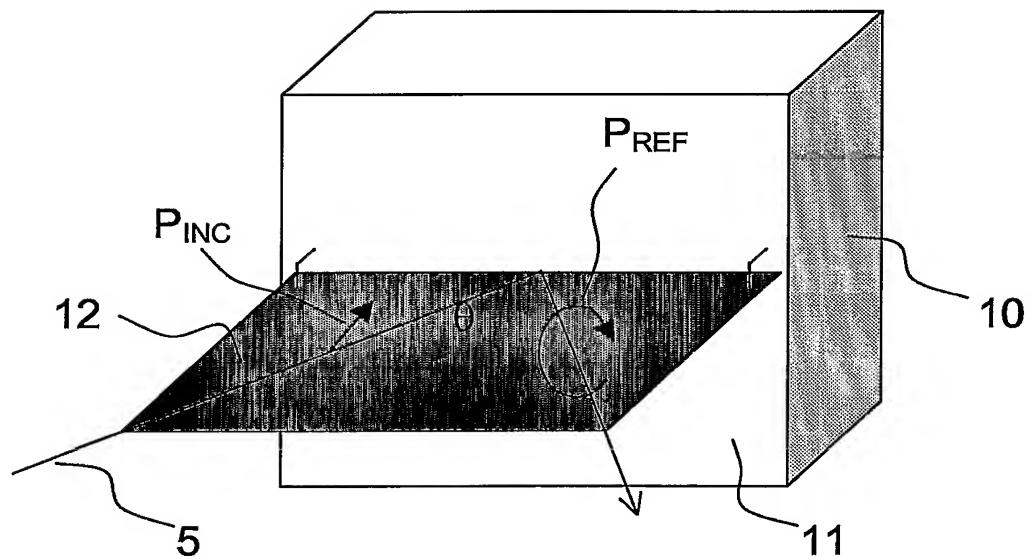


FIG.2

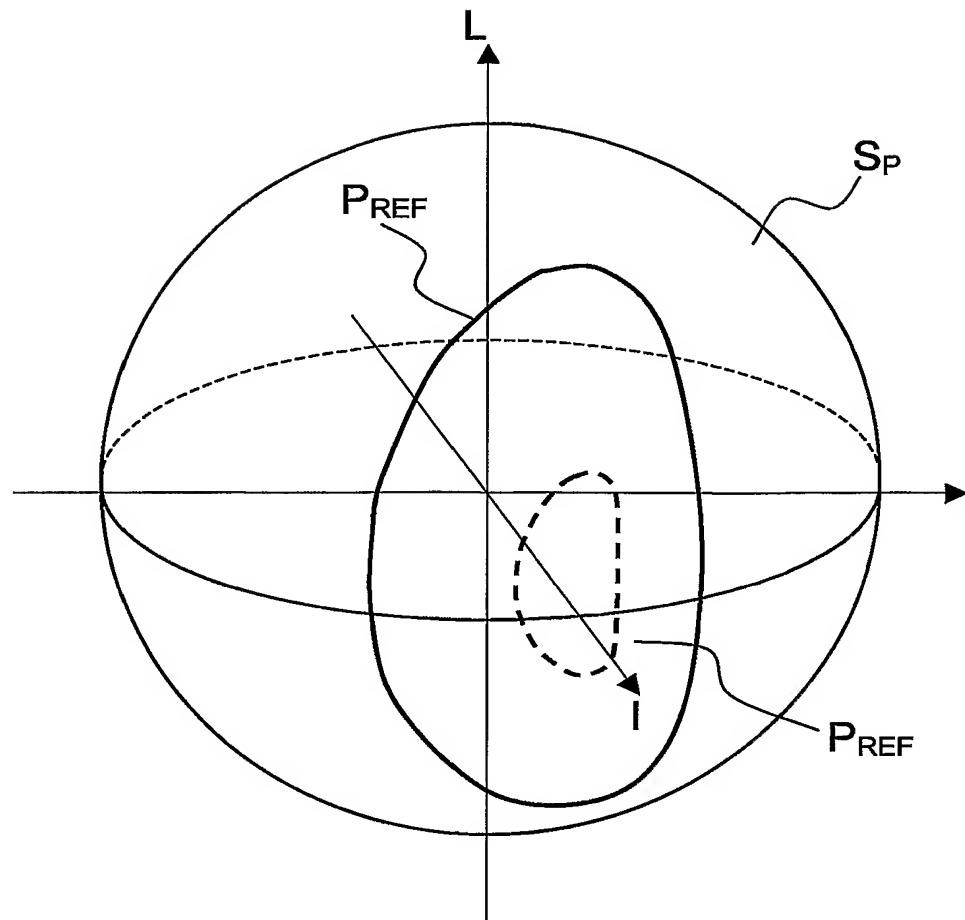


FIG.3

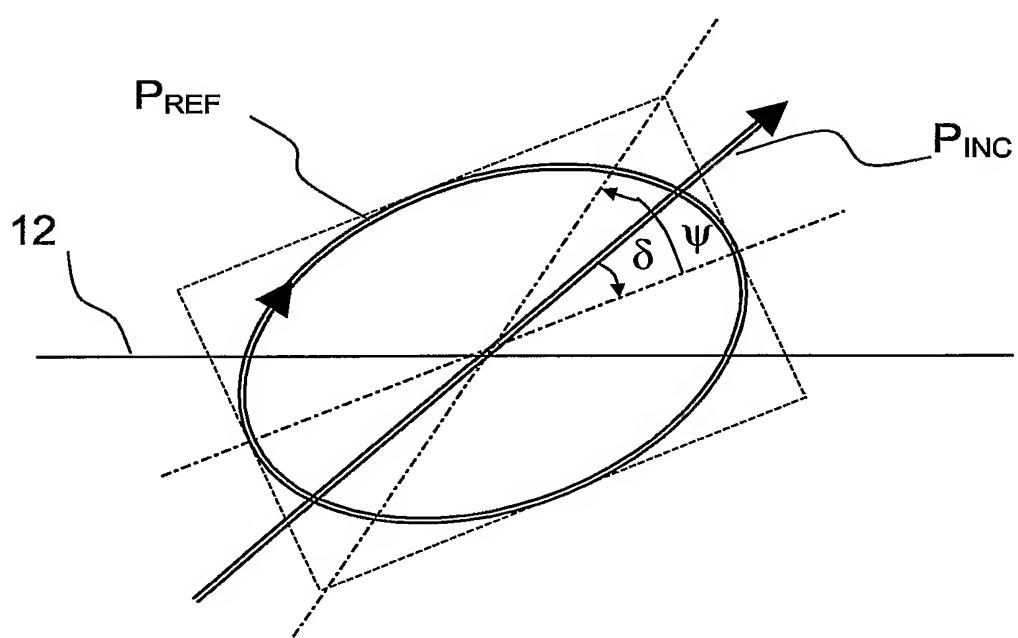


FIG.4

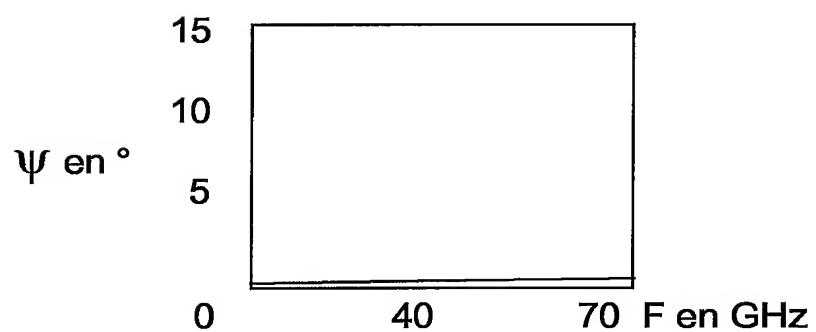
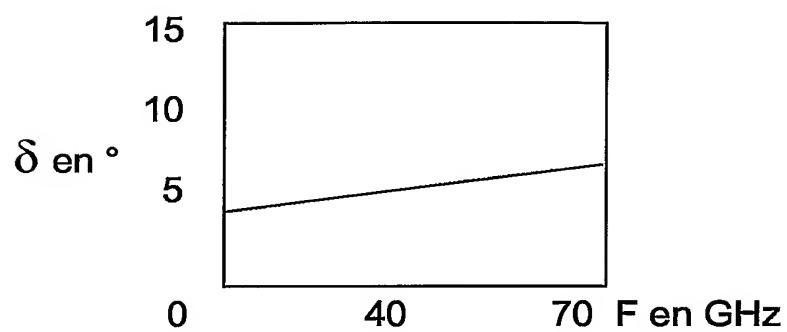
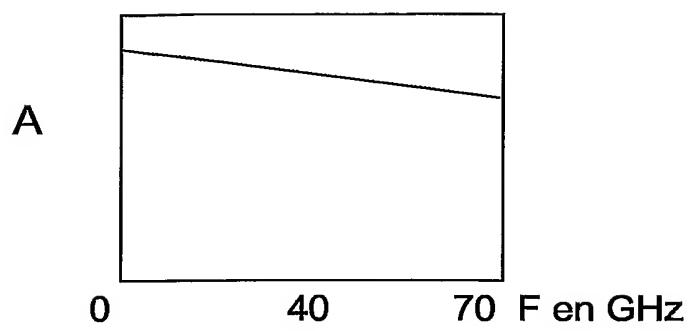


FIG.5

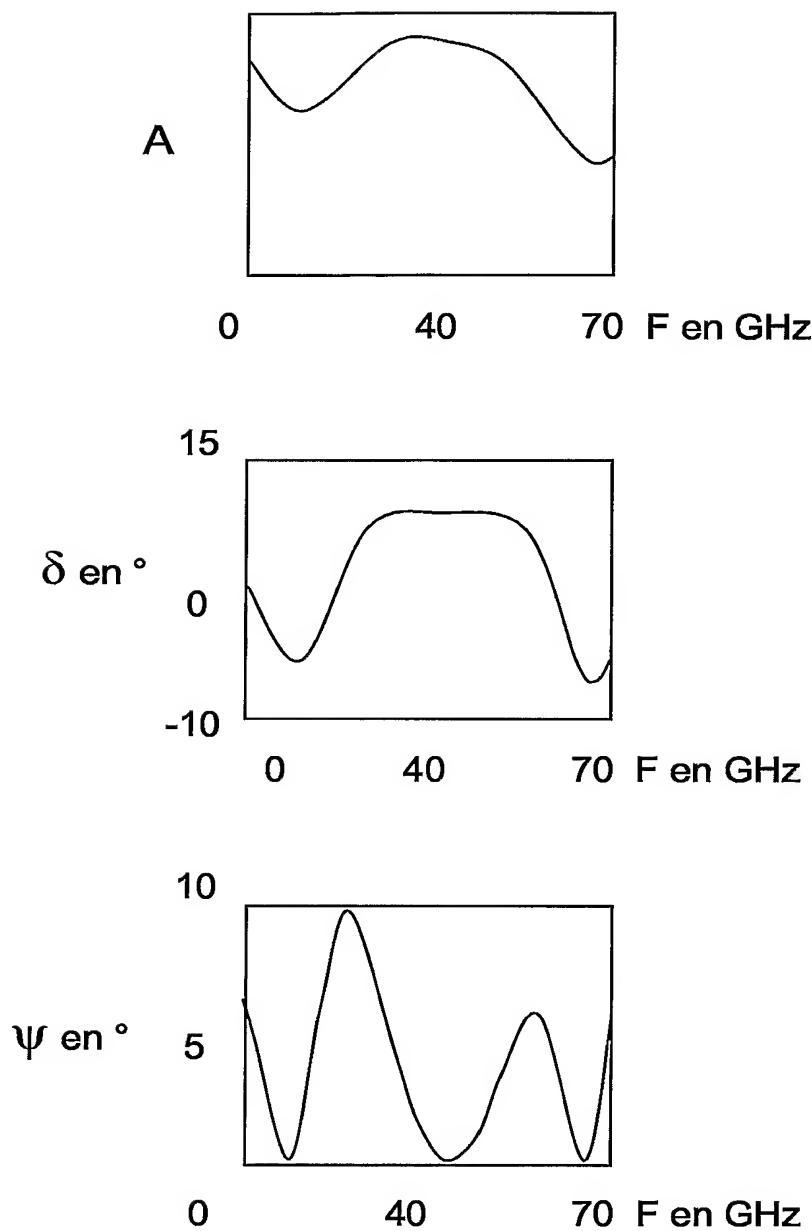


FIG.6

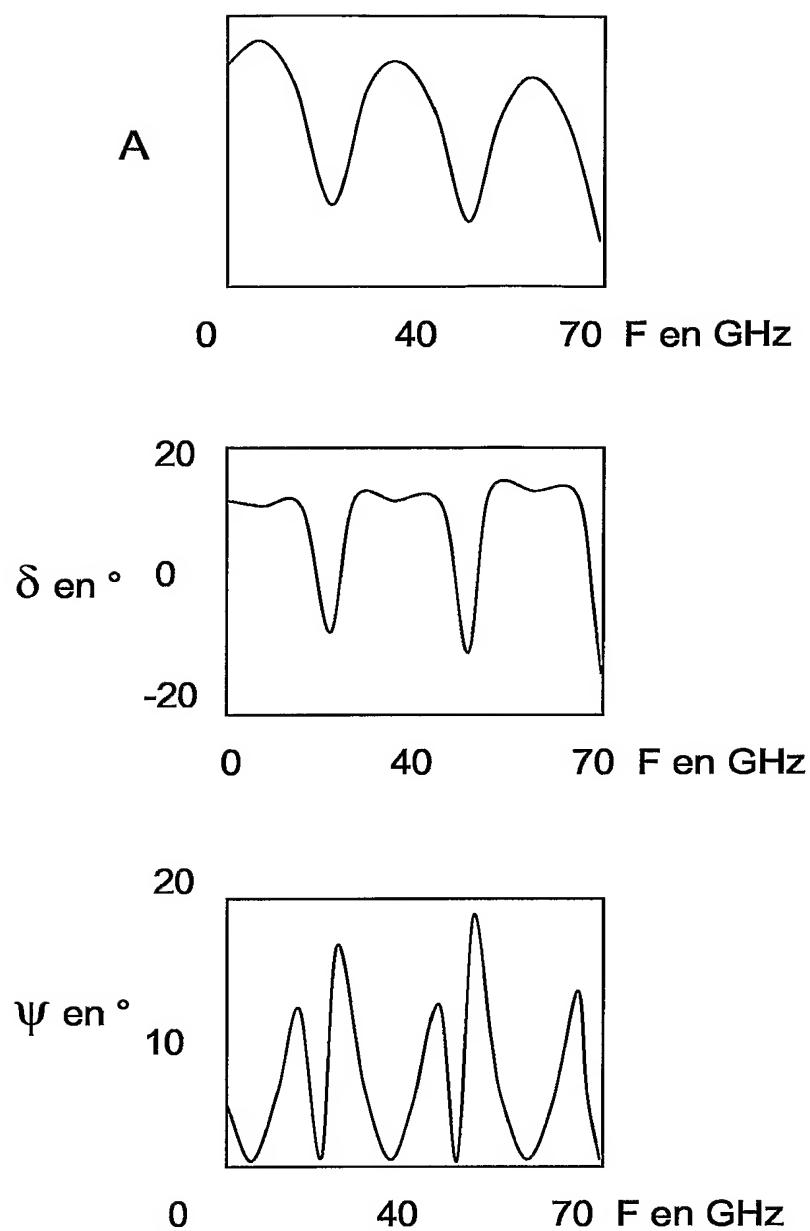


FIG.7

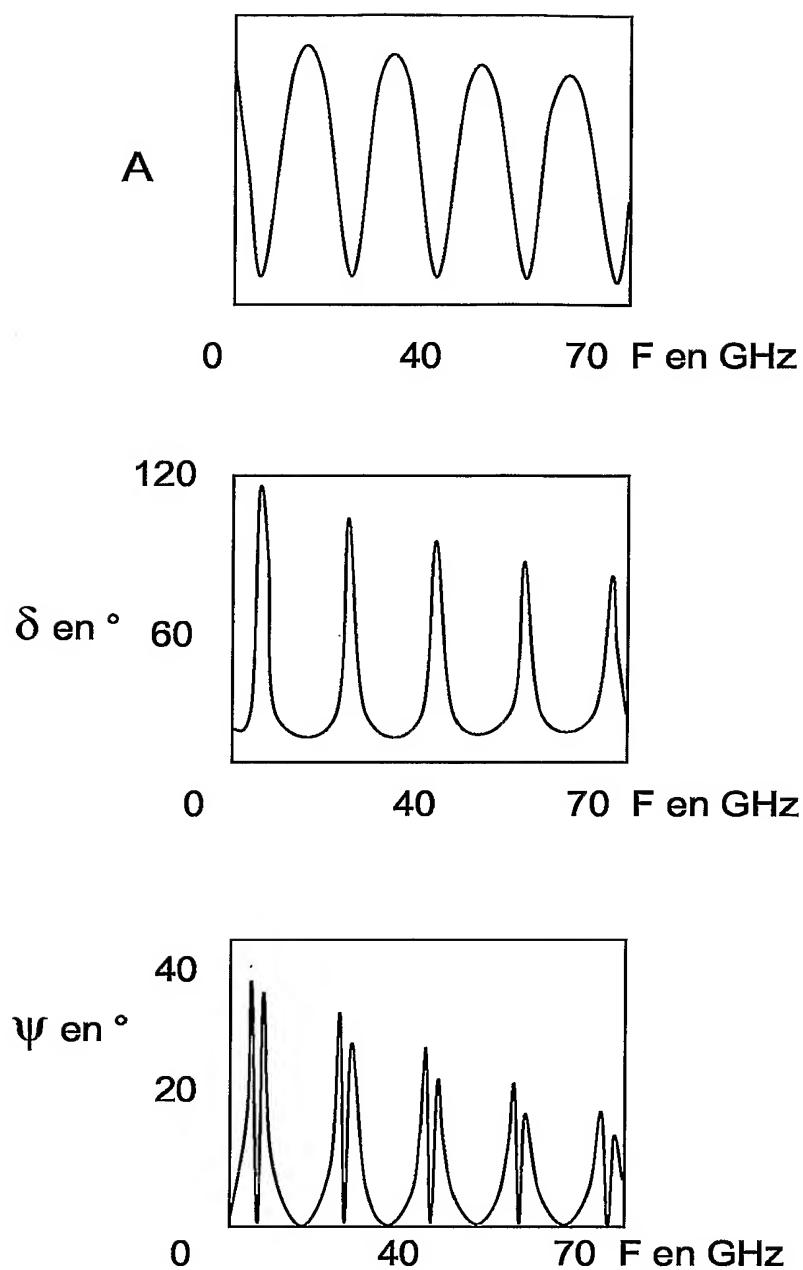


FIG.8

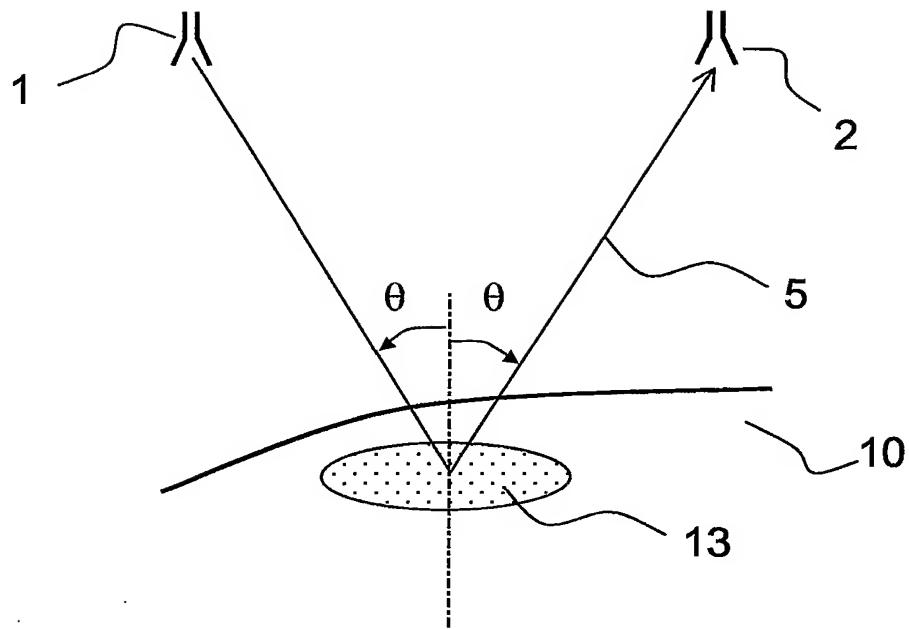


FIG.9

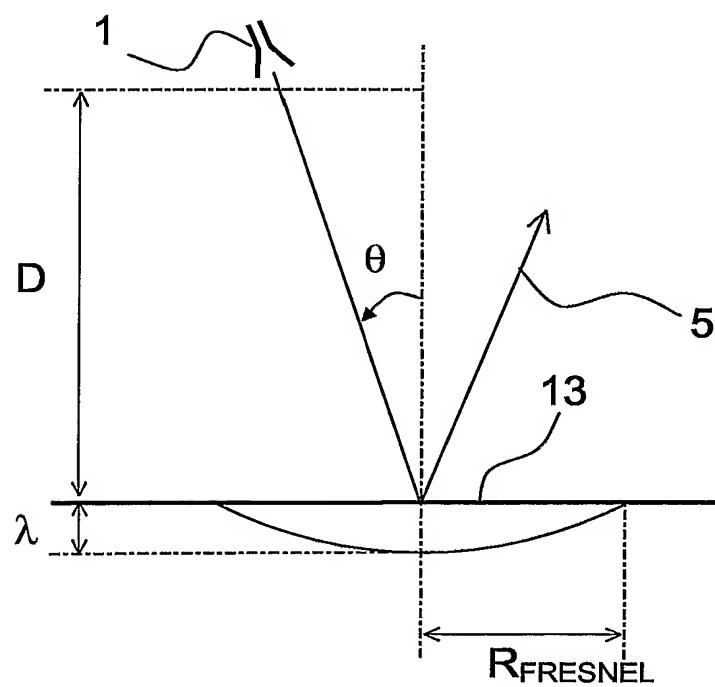


FIG.10

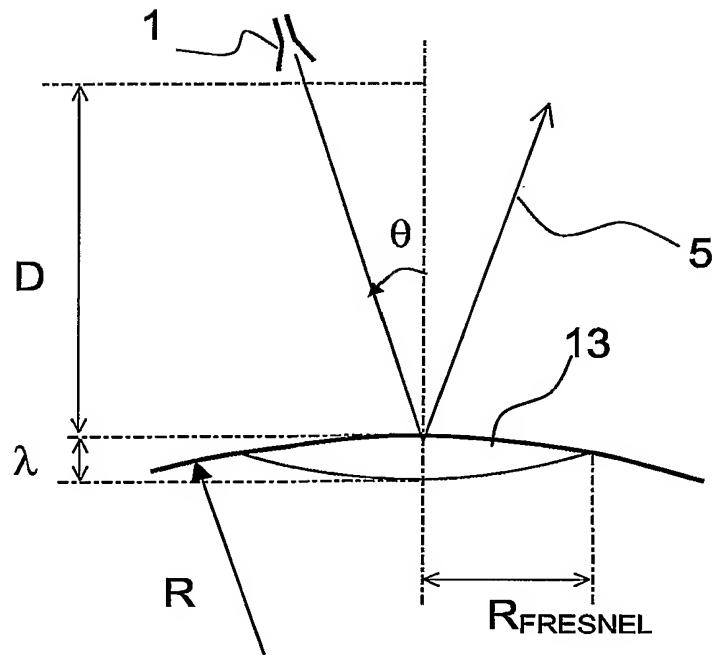


FIG.11

$R_{FRESNEL}$   
en cm

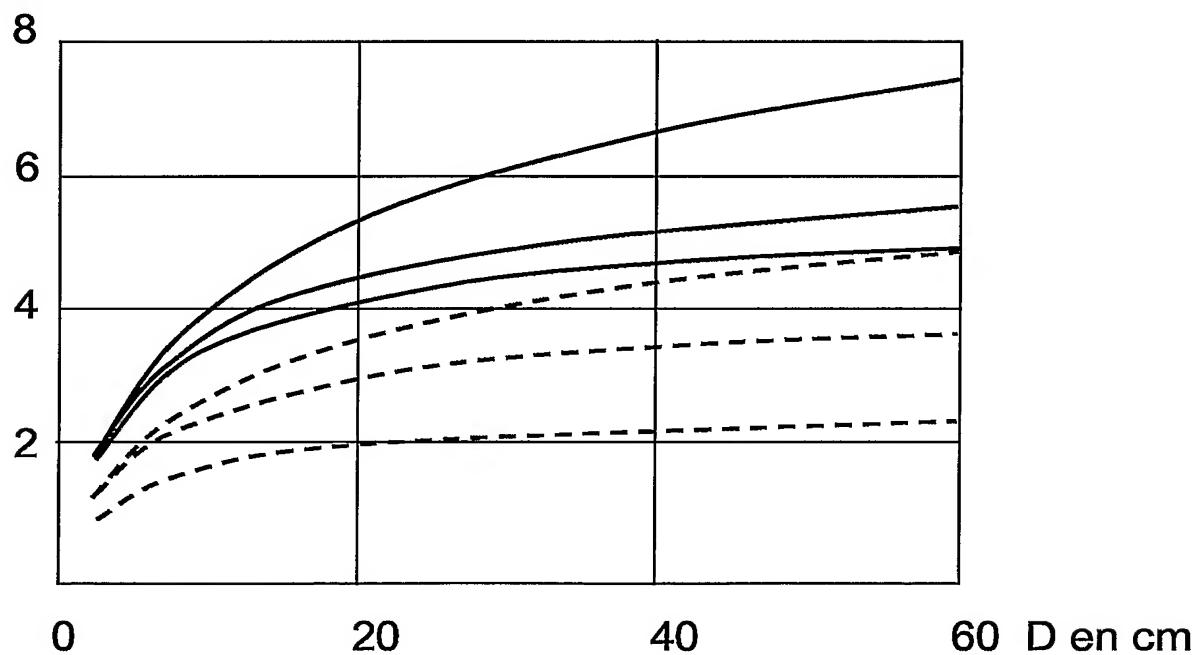


FIG.12

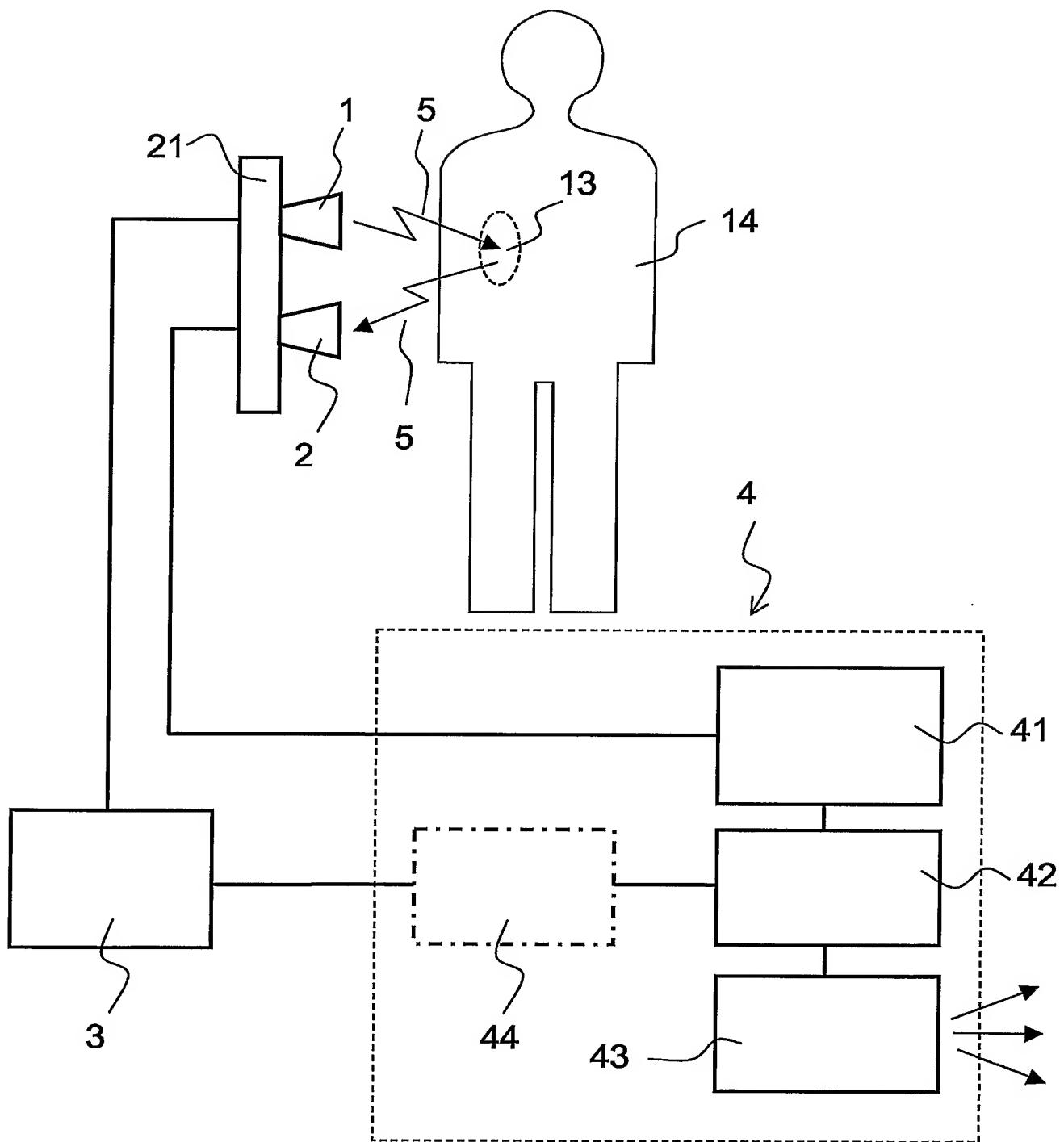


FIG.13

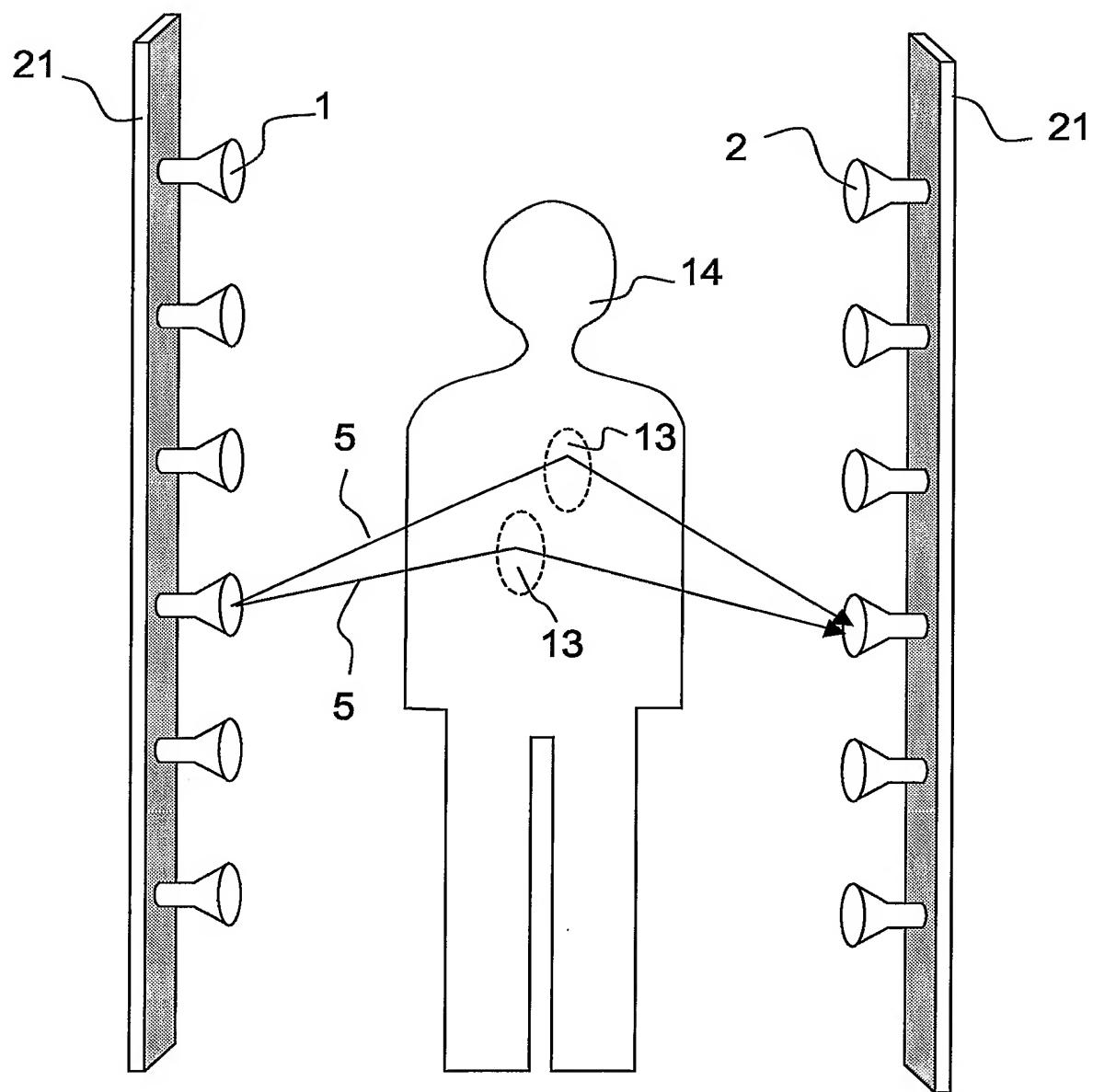


FIG.14

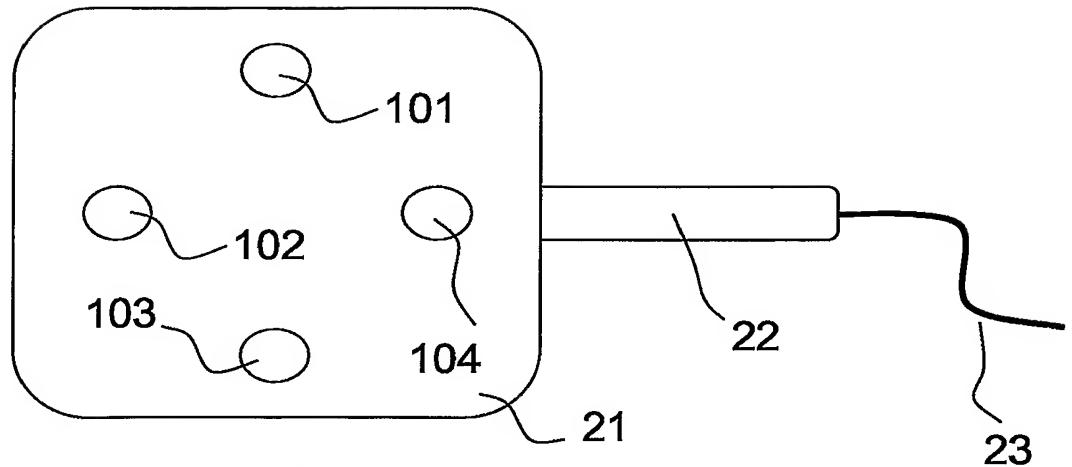


FIG.15

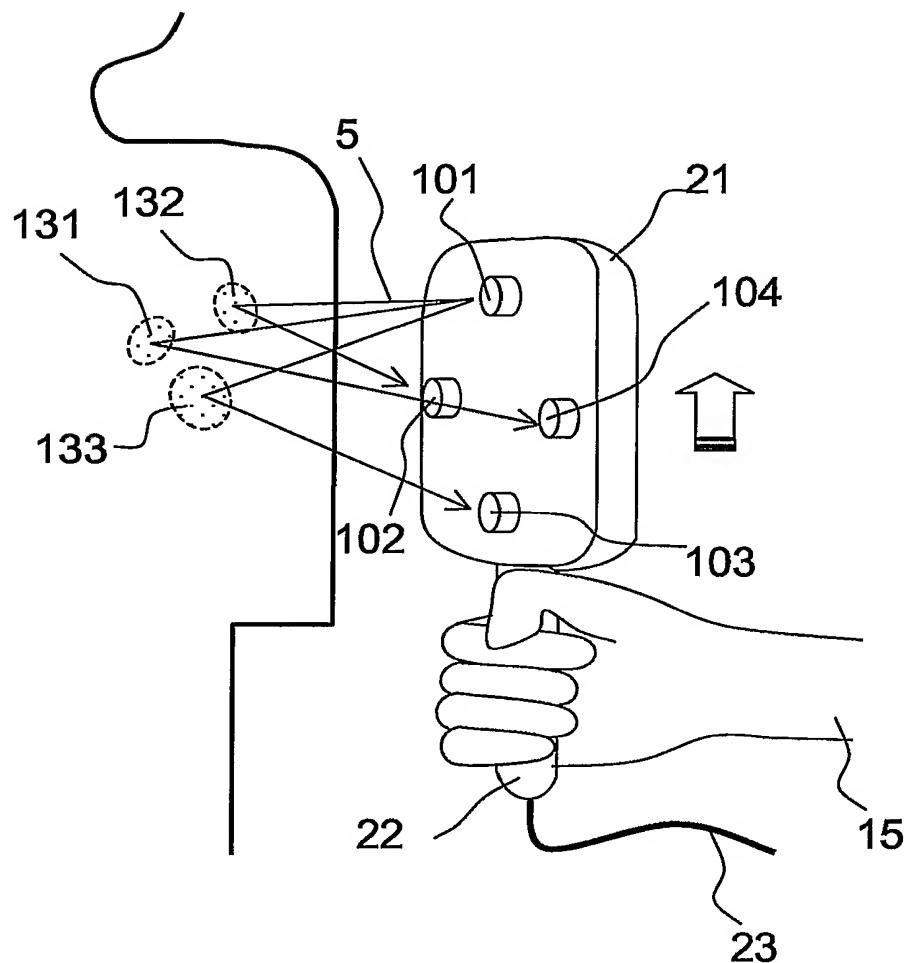
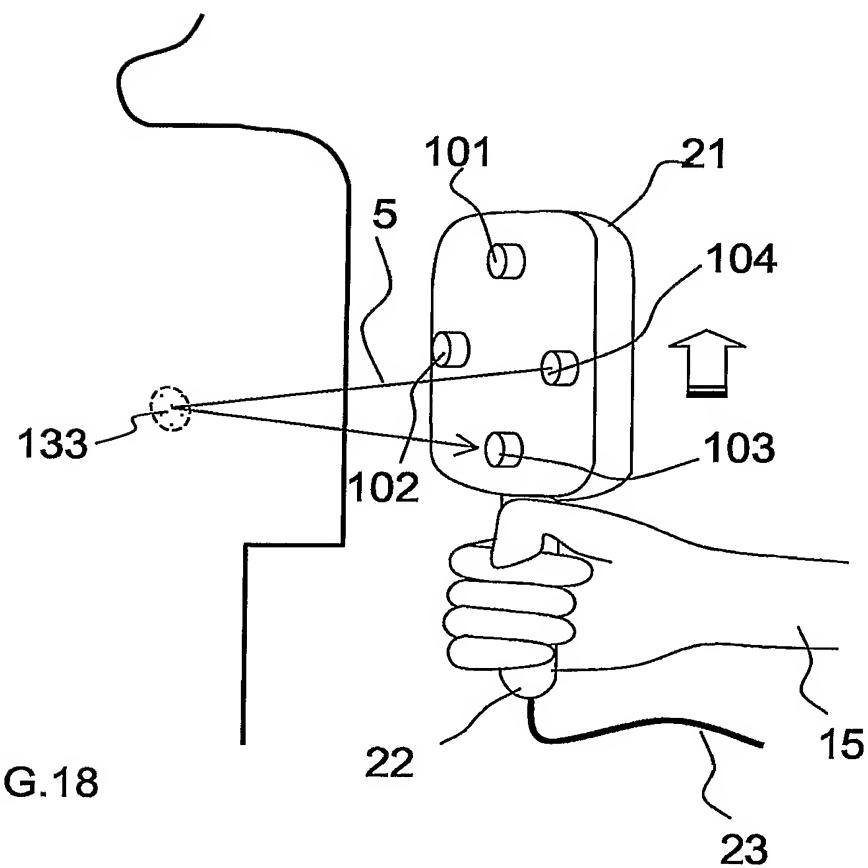
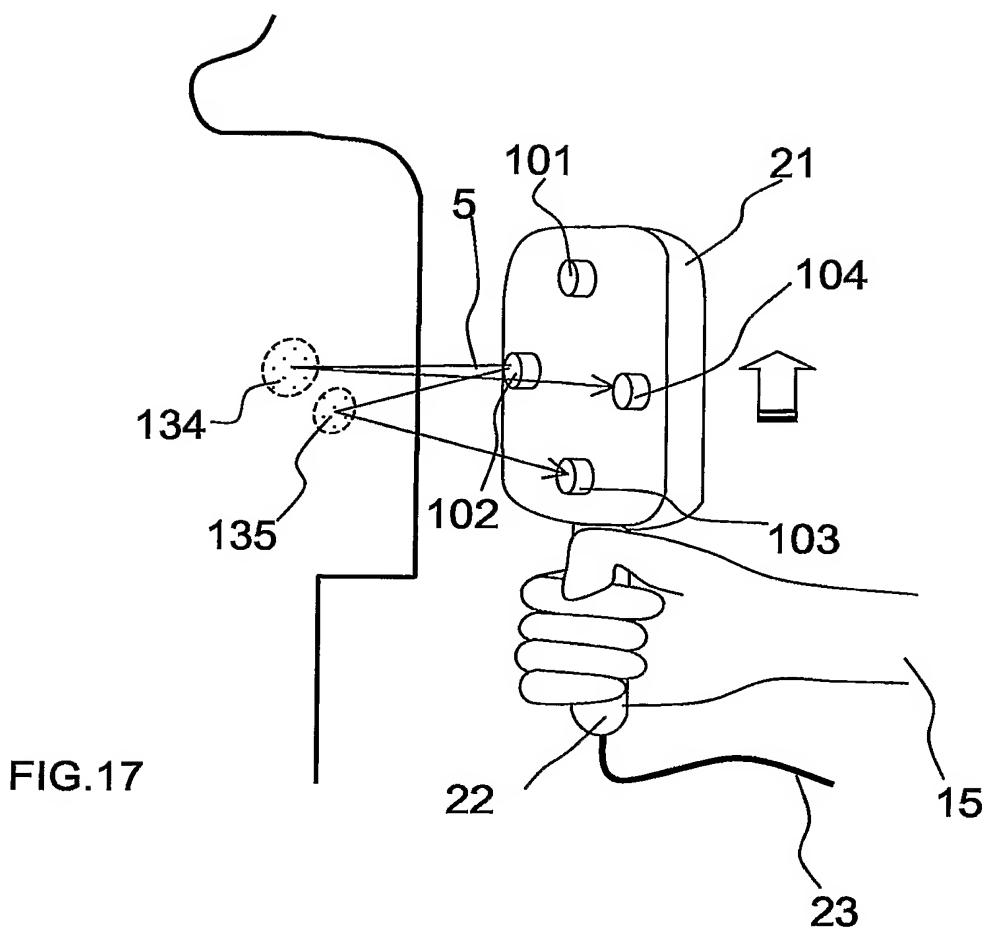


FIG.16



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/053328

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01S13/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G01V G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 338 902 A (QINETIQ LTD) 27 August 2003 (2003-08-27)	1-4,6-9, 12-15
Y	paragraph '0143! – paragraph '0153! paragraph '0158! – paragraph '0159! paragraph '0039! paragraph '0091!	5,10,11
X	US 5 227 800 A (DEO NARESH C ET AL) 13 July 1993 (1993-07-13) column 7, line 58 – column 8, line 6; figure 2 column 9, line 12 – line 14 column 9, line 44 – line 53 column 13, line 63 – line 64 column 17, line 40 – line 41 column 22, line 7 – line 14 column 23, line 53 – column 24, line 14	1-4,6,7, 13-15

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 March 2005

Date of mailing of the international search report

31/03/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Niemeijer, R

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/053328

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 500 646 A (ZRNIC DUSAN S) 19 March 1996 (1996-03-19) column 1, line 61 – line 67 column 2, line 65 – column 3, line 42 -----	5,11
Y	NIEMEIJER R J: "Doppler-polarimetric radar signal processing passage" PH. D THESIS DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. DOPPLER-POLARIMETRIC RADAR SIGNAL PROCESSING, DELFT UNIVERSITY PRESS, DELFT, NL, 1996, pages 91-93, XP002292229 figure 4.2 -----	10
A	US 6 342 696 B1 (CHADWICK GEORGE G) 29 January 2002 (2002-01-29) column 1, line 50 – column 2, line 15 column 6, line 31 – line 34 column 6, line 65 – column 7, line 44 column 8, line 47 – line 53 -----	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/053328

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
EP 1338902	A	27-08-2003	EP US	1338902 A1 2003163042 A1		27-08-2003 28-08-2003
US 5227800	A	13-07-1993	US US US CA WO US	4901084 A 5073782 A 5202692 A 1338522 C 9007130 A1 5047783 A		13-02-1990 17-12-1991 13-04-1993 13-08-1996 28-06-1990 10-09-1991
US 5500646	A	19-03-1996		NONE		
US 6342696	B1	29-01-2002	AU CA EP WO US US US	7569900 A 2375435 A1 1203359 A2 0075892 A2 2003034444 A1 6856271 B1 6243036 B1		28-12-2000 14-12-2000 08-05-2002 14-12-2000 20-02-2003 15-02-2005 05-06-2001

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/EP2004/053328

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 GO1S13/04

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 GO1V GO1S

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 1 338 902 A (QINETIQ LTD) 27 août 2003 (2003-08-27)	1-4, 6-9,
Y	alinéa '0143! - alinéa '0153! alinéa '0158! - alinéa '0159! alinéa '0039! alinéa '0091!	12-15 5, 10, 11
X	US 5 227 800 A (DEO NARESH C ET AL) 13 juillet 1993 (1993-07-13) colonne 7, ligne 58 - colonne 8, ligne 6; figure 2 colonne 9, ligne 12 - ligne 14 colonne 9, ligne 44 - ligne 53 colonne 13, ligne 63 - ligne 64 colonne 17, ligne 40 - ligne 41 colonne 22, ligne 7 - ligne 14 colonne 23, ligne 53 - colonne 24, ligne 14	1-4, 6, 7, 13-15
	-/-	

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

15 mars 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

31/03/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Niemeijer, R

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/EP2004/053328

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 5 500 646 A (ZRNIC DUSAN S) 19 mars 1996 (1996-03-19) colonne 1, ligne 61 - ligne 67 colonne 2, ligne 65 - colonne 3, ligne 42 -----	5,11
Y	NIEMEIJER R J: "Doppler-polarimetric radar signal processing passage" PH. D THESIS DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. DOPPLER-POLARIMETRIC RADAR SIGNAL PROCESSING, DELFT UNIVERSITY PRESS, DELFT, NL, 1996, pages 91-93, XP002292229 figure 4.2 -----	10
A	US 6 342 696 B1 (CHADWICK GEORGE G) 29 janvier 2002 (2002-01-29) colonne 1, ligne 50 - colonne 2, ligne 15 colonne 6, ligne 31 - ligne 34 colonne 6, ligne 65 - colonne 7, ligne 44 colonne 8, ligne 47 - ligne 53 -----	1

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements pertinents aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/EP2004/053328

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
EP 1338902	A	27-08-2003	EP US	1338902 A1 2003163042 A1		27-08-2003 28-08-2003
US 5227800	A	13-07-1993	US US US CA WO US	4901084 A 5073782 A 5202692 A 1338522 C 9007130 A1 5047783 A		13-02-1990 17-12-1991 13-04-1993 13-08-1996 28-06-1990 10-09-1991
US 5500646	A	19-03-1996		AUCUN		
US 6342696	B1	29-01-2002	AU CA EP WO US US US	7569900 A 2375435 A1 1203359 A2 0075892 A2 2003034444 A1 6856271 B1 6243036 B1		28-12-2000 14-12-2000 08-05-2002 14-12-2000 20-02-2003 15-02-2005 05-06-2001